

Pengaruh Variasi Komposisi Serat terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik pada Komposit Serat Ampas Tebu dan Bambu Betung dengan Matriks Gypsum

Muhammad Agung Sahida dan Mohammad Farid

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

e-mail: faredo09@yahoo.com

Abstrak— Penelitian ini dilakukan untuk membuat material komposit sebagai penyerap suara dengan memanfaatkan limbah yang berbahan dasar serat ampas tebu dan bambu betung menggunakan gypsum sebagai matriks. Perbandingan yang digunakan adalah Vf 30, 50, dan 70% gypsum dengan panjang serat 40mm. metode pembuatan komposit yang digunakan hand lay up. Tujuannya untuk mendapatkan komposit dengan nilai koefisien absorpsi suara yang memenuhi standar ISO 11654 dan juga memiliki nilai sifat mekanik yang baik. Metode pengujian berdasarkan standart ASTM E1050, ASTM D790 dan ASTM D695. Dari hasil pengujian didapatkan nilai koefisien absorpsi suara dari ketiga parameter memenuhi standar ISO 11654 dengan nilai koefisien α lebih dari 0,15. Pada komposisi Vf 30% gypsum didapatkan nilai kekuatan tekan terbaik, yakni 6,05 MPa.

Kata kunci— gypsum, koefisien absorpsi, serat ampas tebu, serat bambu betung.

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, penerapan ilmu material di bidang komposit terus berkembang. Hal ini didasari dengan usaha manusia untuk mencari alternatif material pengganti yang mempunyai sifat-sifat lebih baik dari yang ada sebelumnya dengan memanfaatkan pengolahan bahan dan teknologi yang berkembang. Material komposit merupakan salah satu aplikasi yang banyak dimanfaatkan sebagai aplikasi pengganti logam, bahan bangunan, komponen otomotif, penahan panas, penyerap suara, dan lain-lain. Kebisingan yang ditimbulkan di perkantoran, perumahan dan perindustrian menjadi hal yang mendapat sorotan pada beberapa penelitian. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi kebisingan tersebut yaitu dengan cara pembuatan peredam suara. Adapun jenis bahan peredam suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering dipakai untuk mengurangi kebisingan pada ruang yang sempit. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain[1].

Penelitian ataupun pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang pembuatan material komposit di Indonesia untuk memenuhi bermacam-macam kebutuhan telah banyak dilakukan baik dari kalangan pendidikan

maupun perindustrian. Setelah ditemukannya berbagai macam serat sintetis yang dibuat secara kimiawi, kini para ilmuwan berlomba-lomba beralih melakukan penelitian pada serat alam.

Serat ampas tebu (*bagasse*) merupakan salah satu serat alam yang bisa dimanfaatkan. Serat ini sering menjadi limbah organik yang banyak dihasilkan oleh pabrik-pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi apabila dapat dimanfaatkan dengan baik selain digunakan sebagai bahan bakar. Serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (*biodegradability*) sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan[2]. Oleh karena itu serat ampas tebu dapat dijadikan alternatif bahan baku, karena bahan ini mudah diperoleh, dan juga hampir ada di seluruh pelosok Indonesia sebab merupakan tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan oleh banyak petani di Indonesia. Selain itu lebih ramah lingkungan karena merupakan serat natural dan pengolahannya yang lebih mudah

Bambu memiliki kekakuan spesifik yang baik. Artinya, bambu memiliki kekuatan yang tinggi dengan densitas yang rendah. Hal tersebut memungkinkan bambu untuk digunakan sebagai material yang kuat tapi ringan. Bahwa bambu memiliki kekuatan spesifik sekitar 60-80 GPa[3].

Penelitian ini menggunakan bahan baku serat ampas tebu dan serat bambu betung sebagai *filler/reinforce* dan gypsum sebagai matriksnya. Dengan penambahan serat bambu betung pada serat ampas tebu dengan menggunakan matriks gypsum nantinya diharapkan akan tercipta suatu produk material komposit yang bisa digunakan sebagai bahan penyerap suara dan memiliki sifat mekanik yang baik. Sehingga memberikan sumbangsih bagi pemerintah Indonesia karena dengan ditemukannya alternatif baru bahan baku pembuatan komposit penyerap suara pengganti serat sintetis yang kebanyakan masih mengimpor dari luar negeri, supaya dapat mengurangi limbah industri gula dan juga mengurangi permintaan serat sintetis oleh kalangan industri di Indonesia.

II METODE PENELITIAN

2.1 Material

Material yang digunakan ialah gypsum komersial, ampas tebu yang telah menjadi limbah hasil penggilingan dari pabrik gula, dan bambu betung yang tumbuh di Indonesia.

2.2 Preparasi Spesimen

Pengolahan Serat ampas tebu dari sisa limbah industri gula direndam dengan NaOH 1M selama satu hari lalu dicuci bersih dengan air, kemudian disisir dengan sikat kawat untuk menghilangkan gabus yang menempel dengan serat. Setelah itu dikeringkan dengan diangin-anginkan selama tujuh hari. Serat ampas tebu yang telah dikering dilakukan penyisiran lagi untuk menghilangkan gabus yang masih melekat pada serat. Serat diambil satu persatu secara manual dengan menggunakan tangan untuk mendapatkan benang-benang serat tebu. Benang-benang serat yang telah terkumpul bervariasi baik diameter maupun panjangnya, oleh karena itu dipilih terlebih dahulu kemudian dipotong dengan ukuran 4 cm.

Pengolahan serat bambu betung dilakukan dengan memotong bambu bambu betung sepanjang 40 mm dengan gergaji. Setelah dipotong, bambu dipukul-pukul hingga hancur dan serat terpisah dengan lidnnya secara makro satu sama lain. Serat bambu yang telah dipukul-pukul direndam dengan larutan NaOH 1M untuk mengurangi kandungan ligninnya. kemudian serat dicuci bersih dengan air, lalu dikeringkan. Setelah itu serat diambil dengan mencabutnya satu persatu

Pembuatan matriks gypsum dengan cara menimbang berdasarkan perbandingan yang telah ditentukan. Lalu diaduk menggunakan air dengan perbandingan 1:1 sampai merata.

Pembuatan cetakan untuk bagian atas dan bawah menggunakan kaca dengan ukuran 25x25 cm. Untuk cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari bahan seng dengan diameter 10 cm dan tinggi 1 cm, cetakan spesimen uji tekan terbuat dari kayu dengan dimensi 1,27x1,27x2,54 cm dan cetakan spesimen uji lentur terbuat dari kayu dengan dimensi 12,8x2,5x0,4 cm

Pembuatan komposit dengan mencampurkan gypsum yang sudah diaduk secara merata dengan serat bambu betung dan ampas tebu yang telah tercampur lalu dituangkan ke dalam cetakan yang sudah ada, dengan perbandingan fraksi volume yang telah dihitung. Campuran gypsum dan serat yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan diratakan ke seluruh penampang cetakan agar mempermudah saat di pres.

Spesimen dibongkar dari cetakan untuk kemudian dikeringkan selama 1-2 hari dengan cara dijemur pada terik matahari untuk menghilangkan kandungan air yang masih tersisa pada gypsum

2.3 Pengujian

Pengujian koefisien penyerapan suara digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dimensi

spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100 mm dan tinggi 10 mm

Pengujian lentur dilakukan dengan metode three point bend, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan. Mesin yang digunakan adalah mesin uji Torsee milik Baristand Surabaya. Kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika menerima beban lengkung. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 128x25x4 mm.

Pengujian tekan dilakukan menggunakan mesin uji Nexygen milik Baristand Surabaya dengan standar ASTM D695. Dimensi spesimen yang diuji ialah 12,7x12,7x25,4 mm. Pengujian tekan ini dilakukan dengan menggunakan alat Torsee Universal Testing Machine

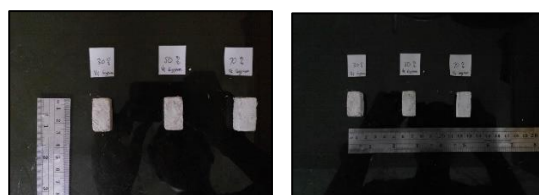
III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposit Gypsum Berpenguat Serat

Komposit yang digunakan dalam penelitian ini berbahan dasar gypsum yang didapatkan secara komersial, serat ampas tebu dari pabrik gula dan serat bambu betung. Komposit berpenguat serat ampas tebu dan serat bambu betung dengan bermatriks gypsum (T/B-G) ini dibuat dengan cara metode *hand lay up*. Langkah pertama dalam pembuatan komposit ini dilakukan pencampuran serat ampas tebu dan serat bambu betung dengan perbandingan fraksi volume 1:1. Kemudian pencampuran gypsum dengan akuades dengan perbandingan fraksi volume 1:1 sehingga membentuk larutan gypsum. Selanjutnya serat yang telah tercampur dimasukkan dalam larutan gypsum dengan variasi volume 70% serat ampas tebu dan bambu betung dengan 30% gypsum (T/B-30%G), 50% serat ampas tebu dan bambu betung dengan 50% gypsum (T/B-50%G), dan 30% serat ampas tebu dan bambu betung dengan 70% gypsum (T/B-70%G). Spesimen kemudian dicetak ke dalam cetakan yang pada permukaannya berasal dari kayu yang telah dilapisi wax dan dasarnya berasal dari kaca. Kemudian permukaannya yang masih basah diratakan dan ditekan dengan pemberian beban. Setelah kering spesimen dilepaskan dari cetakan. Gambar 1 dan 2 menunjukkan spesimen komposit T/B-G untuk uji lentur dan tekan yang telah dilepas dari cetakan. Gambar 3 menunjukkan spesimen untuk uji koefisien absorpsi suara. Bentuk permukaannya halus dan warnanya putih dengan adanya serat membuat corak tersendiri.



Gambar 1. Spesimen uji lentur yang telah dilepaskan dari cetakan



Gambar 2. Spesimen uji tekan yang telah dilepaskan dari cetakan



Gambar 3. Spesimen uji absorpsi suara yang telah dilepaskan dari cetakan

3.2 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara

Kualitas dari bahan penyerap suara ditunjukkan dengan harga α (nilai koefisien absorpsi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan itu sendiri.

Dari pengujian koefisien absorpsi yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut :

Tabel 1

Data pengujian koefisien absorpsi suara

Frekuensi (Hz)	Nilai Koefisien Absorpsi suara (α)		
	T/B- 70%G	T/B- 50%G	T/B- 30%G
125	0.179	0.182	0.154
200	0.273	0.22	0.169
315	0.292	0.225	0.259
400	0.351	0.241	0.299
500	0.393	0.286	0.331
630	0.392	0.31	0.36
800	0.402	0.331	0.37
1000	0.406	0.35	0.363

Dari hasil pengujian koefisien absorpsi pada komposit serat ampas tebu dan bambu betung dengan matriks gypsum dapat dilihat pada tabel 1, nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi setiap spesimen berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena perbedaan dari komposisi spesimen yang menyebabkan perbedaan kerapatan ataupun ketidakhomogenan spesimen tersebut, ketidakhomogenan tersebut disebabkan karena tidak meratanya sebaran serat sehingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi.

Pada spesimen yang terbuat dari 100% gypsum, menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Doelle, menunjukkan bahwa spesimen gypsum ini mempunyai koefisien penyerapan suara yang buruk pada frekuensi sedang terutama pada frekuensi 1000 Hz. Nilai koefisien absorpsinya hanya berkisar 0,04. Gypsum mempunyai kemampuan suara yang baik pada frekuensi 125 Hz dengan nilai koefisien absorpsi sebesar 0,29. Oleh karena itu material berbahan gypsum saja lebih cocok untuk material penyerap suara pada frekuensi rendah

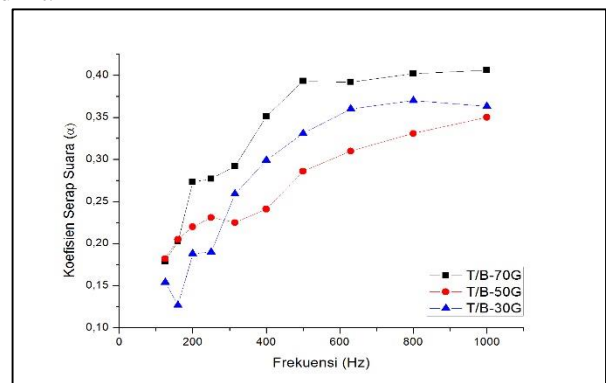
Pada spesimen komposit A (T/B-30%G) terlihat bahwa spesimen dengan komposisi ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik. Pada frekuensi rendah nilai α (koefisien absorpsi)nya sebesar 0,154 pada frekuensi 125 Hz, dan meningkat terus sampai pada frekuensi 200 Hz dengan nilai α sebesar 0,169. Pada frekuensi selanjutnya 315, 400,

500, 630 sampai 800 Hz nilai α nya terus meningkat sampai 0,37. Namun pada frekuensi 1000 Hz nilai koefisien absorpsi suaranya mengalami penurunan sehingga nilai α nya menjadi 0.363. Pada rentang frekuensi 125-1000 Hz kemampuan penyerapan suara terbaik dari spesimen A terdapat pada frekuensi 800 Hz dengan nilai koefisien absorpsi sebesar 0.37.

Hasil uji spesimen komposit B (T/B-50%G) terlihat bahwa spesimen dengan komposisi ini mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik pula. Pada frekuensi rendah nilai α (koefisien absorpsi)nya sebesar 0,182 pada frekuensi 125 Hz, dan meningkat terus sampai pada frekuensi 200 Hz dengan nilai α sebesar 0,22. Pada frekuensi selanjutnya 315, 400, 500, 630, 800 sampai 1000 Hz nilai α nya terus meningkat sampai 0.35. Pada rentang frekuensi 125-1000 Hz kemampuan penyerapan suara terbaik dari spesimen B terdapat pada frekuensi 1000 Hz dengan nilai koefisien absorpsi sebesar 0.35.

Kemudian pada spesimen komposit C (T/B-70%G) bahwa spesimen dengan komposisi ini juga mempunyai kemampuan penyerapan suara yang baik. Pada frekuensi rendah nilai α (koefisien absorpsi)nya sebesar 0,179 pada frekuensi 125 Hz, dan meningkat terus sampai pada frekuensi 200 Hz dengan nilai α sebesar 0,273. Pada frekuensi selanjutnya 315, 400, 500, 630, 800 sampai 1000 Hz nilai α nya terus meningkat sampai 0,406. Pada rentang frekuensi 125-1000 Hz kemampuan penyerapan suara terbaik dari spesimen C terdapat pada frekuensi 1000 Hz dengan nilai koefisien absorpsi sebesar 0.406.

Gambar 4 menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara ketiga spesimen ini mirip pada frekuensi tinggi. Perbedaan koefisien penyerapan suara terlihat berbeda di frekuensi rendah dan sedang tetapi pada rentang frekuensi tinggi perbedaan koefisiennya penyerapan suaranya sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh hubungan antara banyaknya komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara. Koefisien absorpsi untuk spesimen A, spesimen B dan spesimen C berbeda-beda karena nilai kerapatan dari ketiga jenis spesimen tersebut berbeda. Pada frekuensi rendah 125 Hz – 1000 Hz spesimen C mempunyai nilai koefisien penyerapan suara yang lebih tinggi dari pada spesimen A dan spesimen B. Hal ini disebabkan karena pada spesimen A mengandung serat ampas tebu dan bambu betung membuat suara yang terserap lebih diakibatkan adanya ruang yang terbentuk dalam spesimen sedangkan pada spesimen C malah sebaliknya, mengandung serat ampas tebu dan bambu betung yang paling sedikit.



Gambar 4. Pengukuran koefisien serap suara pada material komposit T/B-%G

Jadi adanya penambahan serat ampas tebu dan bambu betung pada komposit dengan matriks gypsum akan meningkatkan nilai koefisien absorpsi pada frekuensi tinggi. Tetapi pada frekuensi rendah mempunyai nilai koefisien absorpsi yang rendah, namun sudah memenuhi standart ISO 11654. Dengan adanya kandungan serat ampas tebu dan bambu betung yang berbeda-beda dapat menyebabkan terjadi perbedaan kerapatan yang berbeda-beda pula. Dimana adanya kandungan serat ampas tebu dan bambu betung akan mengurangi kerapatan.

Serat ampas tebu dan bambu betung juga mengakibatkan spesimen menjadi tidak homogen karena adanya penyebaran serat ampas tebu dan bambu betung yang tidak merata. Ketidakhomogenan spesimen akan mempengaruhi nilai koefisien absorpsi. Secara umum berdasarkan nilai NRC (Noise Reduction Coeffisien), maka spesimen C dapat menyerap suara yang lebih baik pada frekuensi rendah sampai sedang dari pada kedua spesimen karena mengandung serat ampas tebu dan bambu betung yang lebih sedikit. Namun pada frekuensi tinggi spesimen C adalah spesimen yang memiliki nilai NRC yang paling kecil dibandingkan kedua jenis spesimen yang lain karena kemampuan penyerapan suaranya lebih rendah. Jadi pada frekuensi yang tinggi, kemampuan penyerapan spesimen A lebih baik daripada spesimen B dan C. Semakin banyak kandungan serat dalam spesimen maka nilai NRC akan semakin besar. Semakin besar penyerapan suara suatu spesimen bukan berarti bahwa spesimen tersebut bagus karena tergantung dari kegunaannya, karena koefisien absorpsi berhubungan dengan kondisi dalam ruangan [4]. Jadi jika NRC hasil dari pengujian suatu bahan sampai dengan 1 maka suara dalam suatu ruangan akan langsung hilang tanpa ada pemantulan. Akan tetapi jika penyerapan suaranya rendah maka suara akan bergema atau dipantulkan dengan waktu dengung yang lama sampai dengung tersebut hilang sehingga suatu bahan penyerap suara yang bagus atau tidak ditentukan aplikasinya, digunakan pada frekuensi rendah atau frekuensi tinggi.

3.3. Pengujian Lentur dan Tekan

Pengujian kekuatan tekan dan kekuatan lentur dilakukan di Balai Ristek dan Standardisasi Surabaya, diperoleh hasil data sebagai berikut :

Tabel 2
Data uji kuat tekan dan lentur pada komposit T/B-%G

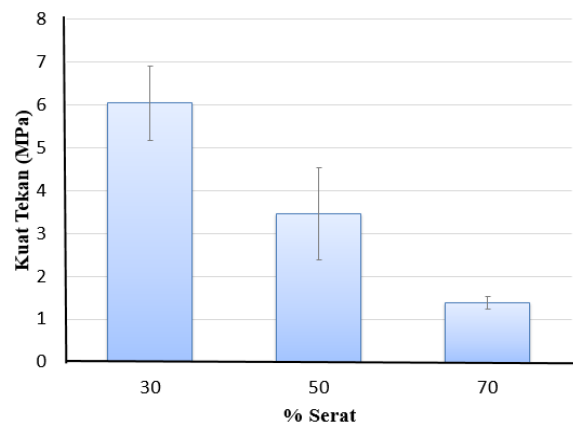
Material	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Lentur (MPa)
T/B-70%G	6,05 \pm 0,87	2,00 \pm 0,63
T/B-50%G	3,46 \pm 1,07	1,52 \pm 0,18
T/B-30%G	1,38 \pm 0,14	1,61 \pm 0,57

Dari analisa hasil kekuatan tekan dan lentur tabel 4.2 diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik.

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa pada komposit spesimen T/B-70%G mempunyai nilai kekuatan tekan tertinggi sebesar 6,05 MPa. Pada spesimen komposit T/B-

50%G kekuatan tekannya sebesar 3,46 MPa. Sedangkan pada spesimen komposit T/B-30%G mempunyai nilai kekuatan tekan yang paling rendah yakni sebesar 1,38 MPa.

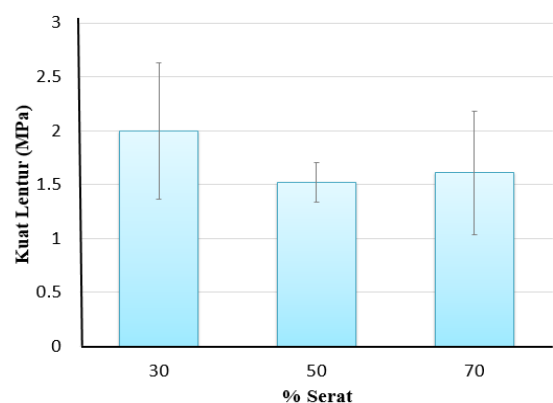
Nilai ini menunjukkan bahwa adanya penambahan serat mempengaruhi kekuatan tekan dari material komposit. Semakin banyak serat yang ditambahkan maka kemampuan tekan komposit semakin turun. Hal ini dikarenakan adanya ikatan antara gypsum sebagai matriks dalam komposit dengan serat sebagai penguat yang kurang baik. Pengaruh penambahan serat akan lebih terlihat apabila dilakukan pengujian tarik. Serat akan berperan sebagai penanggung tegangan terbesar pada proses uji tarik sebelum material mengalami patah. Namun sebaliknya pada uji tekan, peran matriks akan lebih terlihat. Semakin banyak matriks yang ada pada komposit maka akan menambah rigiditas atau kerapatan pada material tersebut.



Gambar 5. Grafik kuat tekan material komposit T/B-%G

Pada spesimen T/B-30%G memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah daripada spesimen yang lain, namun untuk koefisien penyerap suara spesimen tersebut memiliki nilai koefisien α yang paling baik pada saat menerima frekuensi tinggi. Hal ini dikarenakan serat yang terkandung pada komposit berperan membentuk ruang sebagai penyerap suara apabila ada energi suara yang mengenai material komposit. Ruang yang terbentuk membuat kekuatannya menurun.

Berdasarkan Gambar 6, nilai kekuatan lentur terendah ada pada spesimen komposit T/B-50%G sebesar 1,52 MPa dan kekuatan lentur tertinggi ada pada spesimen komposit T/B-70%G sebesar 2 MPa. dan hasil dari material T/B-30%G sebesar 1,61 MPa.



Gambar 6. Grafik kuat lentur material komposit T/B-%G

Dari hasil pengujian lentur juga menunjukkan bahwa kekuatan lentur terbesar ada pada komposisi dengan volume matriks terbanyak, dan kekuatan lentur terendah ada pada komposisi perbandingan serat dan matriks 1:1. Hal ini menunjukkan adanya indikasi bahwa penerimaan beban pada pengujian lentur hanya berpusat di tengah dan adanya distribusi serat yang kurang baik akan membuat nilai kekutan bendingnya tidak sesuai seiring dengan penambahan komposisi penguatnya. Kurangnya serat yang ditambahkan akan menurunkan kemampuan komposit untuk menahan beban yang diberikan, sehingga dapat dilihat dalam bentuk patahannya setelah dilakukan pengujian terlihat lebih getas dikarenakan kurangnya serat yang ditambahkan [5]. Hal ini dapat terjadi apabila antara serat yang satu dengan yang lain saling membentuk ikatan antar muka yang kuat dengan adanya peran coupling agent atau perekat. Namun apabila serat yang ditambahkan terlalu banyak maka kemungkinan terbentuk rongga atau celah antar serat juga semakin besar. Maka dari itu setiap komposisi komposit akan mempunyai batas tertentu sampai seberapa ia mampu ditambahi dengan penguat. Penambahan fraksi volume ternyata tidak terlalu berpengaruh besar terhadap nilai kekuatan bendingnya [6]. Hal tersebut cukup beralasan karena pada proses pembuatan komposit kontrol serat baik dari aspek rasio, panjang, ataupun orientasi yang kurang teliti akan menimbulkan hasil yang berbeda pula. Pada material komposit dengan arah orientasi serat acak, kemampuan menahan beban lenturnya tidak sebagus komposit dengan arah serat longitudinal dikarenakan susunan dan penyebaran serat yang tidak merata dan homogen arahnya

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Koefisien absorpsi gypsum dengan penambahan serat ampas tebu dan bambu betung memiliki nilai koefisien α lebih besar dari 0,15 sehingga telah memenuhi standar ISO 11654
2. Variasi fraksi volume matriks gypsum dan serat (ampas tebu dan bambu betung) berpengaruh terhadap kekuatan tekan dan kekuatan lentur. Nilai kekuatan tekan dan kekuatan lentur terbesar ada pada komposisi Vf 70% gypsum
3. Material komposit gypsum berpenguat serat ampas tebu dan bambu betung merupakan material isotropi berorientasi serat acak 2 dimensi, cukup memadai untuk dibuat sebagai *wall tiles* / ubin dinding

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih banyak kepada Allah SWT, Ibu Mahnunah, Dosen pembimbing Ir. Moh. Farid, DEA, Dr. Dhany A. ST, M.Eng, dan semua pihak yang telah memotivasi atas terselesainya penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lee, Y and Changwhan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers*. Autex Research Journal. Vol. 3, No.2.
- [2] H. Yudo. 2008. "Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (Baggase) Ditinjau Dari Kekuatan Tarik dan Impak." Kapal Vol. 5 No. 2. (2008)
- [3] Ghavami, Khosrow. 2005. *Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements*. Cement and Concrete Composites. Sciencedirect Vol 27: 637-649.
- [4] Irwan, Yusril. 2013. *Karakteristik Akustik Papan Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatrik Keramik*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri. ITN Bandung
- [5] Emmy Dyah, dkk. 2012. *Pengaruh Panjang serat dan Fraksi Volume terhadap Kekuatan Impact dan Bending Material Komposit Polyester-Fiberglass dan Polyester-Pandan Wangi*. Dinamika Teknik Mesin, volume 2 No.1
- [6] Pell, Yeremias. 2012. *Pengaruh Fraksi Volume terhadap Karakterisasi Mekanik Green Composite Widuri – Epoxy*. Sainstek
- [9] ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system*. ASTM Subcommittee E33.01
- [10] ASTM D790. *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA. (2003)
- [11] ASTM D695. *Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*. (USA: ASTM International). (2001)